



MAREK WOLF

Liczba Drake'a

W kończącym się za kilka lat wieku ludzkość była świadkiem wielu doniosłych odkryć w nauce i technice. Dwudzieste stulecie zaczęło się od zbudowania przez braci Wright w roku 1903 pierwszego samolotu. Tuż potem Einstein w 1905 roku ogłosił szczególną, a w 1916 — ogólną teorię względności. W latach dwudziestych wielu fizyków wspólnie dokonało przewrotu w nauce, tworząc mechanikę kwantową. W tym samym czasie w medycynie rewolucję spowodowało odkrycie penicyliny przez Sir Aleksandra Fleminga. Okres drugiej wojny światowej przyniósł skonstruowanie bomby atomowej i pierwszego komputera. Lata pięćdziesiąte to rozszyfrowanie przez Jamesa D. Watsona i Francisca H. C. Cricka struktury DNA oraz pierwsze loty w kosmos. Wszystkie te osiągnięcia może jednak w każdej chwili przyćmić jedno odkrycie — że cywilizacje pozaziemskie istnieją.

W drugiej połowie XX wieku rozwinęła się nowa dziedzina nauki, stawiająca sobie za cel znalezienie dowodów na istnienie życia pozaziemskiego. Chociaż nie ma ona ustalonej nazwy, regularnie odbywają się różnego rodzaju konferencje poświęcone tym problemom.¹⁾

W użyciu są dwa skróty: SETI (ang. Search for ExtraTerrestrial Intelligence, czyli Szukanie Pozaziemskiej Inteligencji) oraz CETI (ang. Communication with ExtraTerrestrial Intelligence, tzn. Łączność z Pozaziemską Inteligencją). Ta nowa dziedzina bez nazwy korzysta z osiągnięć prawie wszystkich innych nauk: astronomii, fizyki, biologii, archeologii, teorii szyfrów, lingwistyki (powstały języki Lincos i Loglan do łączności międzygwiazdnej), a nawet prawa (aspekty polityczno-prawne ewentualnego nawiązania łączności z ETI) i teologii; gdyż są duchowni (tacy jak biskup protestancki Stendhal) starający się pogodzić ewentualne inne formy życia pozaziemskiego z zasadami wiary.

Już starożytni Grecy...

Problem istnienia życia pozaziemskiego rozważali już ponad 2500 lat temu filozofowie greccy. Demokryt, Leukipp i Epikur przypuszczali, że nie jesteśmy sami we Wszechświecie, a Arysototeles temu zaprzeczał, przeciwstawiając krąg ziemski sferze niebieskiej. Od czasów Kopernika i jego zasady kosmologicznej, która usunęła Ziemię z centralnej pozycji we Wszechświecie, powszechne było przekonanie o istnieniu życia na innych ciałach niebieskich. Takie poglądy głosił na przykład Giordano Bruno (1548–1600) i był prześladowany, między innymi za nie, przez Inkwizycję. Odkrywca galaktyk, angielski astronom William Herschel (1738–1822) uważał nawet, że życie istnieje na Słońcu — w jego czasach nie

wiedziano jeszcze, jaka temperatura panuje na innych ciałach niebieskich. Słynny filozof Immanuel Kant (1724–1804) próbował dociec, jakimi cechami życia charakteryzują się mieszkańcy znanych wówczas planet — od Merkurego do Jowisza — co obecnie wydaje się śmieszne i naiwne.

Po odkryciu słynnych kanałów marsjańskich przez Giovanniego Schiaparellego (1835–1910) istnienie Marsjan było uznawane za pewne. Jednak w 1909 roku grecki astronom Eugène M. Antoniadi (1870–1944), obserwując Marsa przez teleskop o średnicy 80 cm stwierdził, iż „kanały” to złudzenie optyczne spowodowane małą zdolnością rozdzielczą teleskopów. W rzeczywistości długie linie widziane przez Schiaparellego i innych składają się z licznych przypadkowo nagromadzonych plam, które oko podświadomie łączyło w jedną całość. Obecnie wiadomo, że na żadnej z planet naszego Układu Słonecznego, oprócz Ziemi, nie istnieje życie. Jednak mimo negatywnych wyników badań przeprowadzonych przez amerykańskie sondy *Viking*, które wylądowały na Marsie, pewne nadzieje są stale związane z tą planetą. Ziemia i Mars na początku swego istnienia były bardzo do siebie podobne i być może w zmarzlinie lub pod powierzchnią Czerwonej Planety zachowały się ślady drobnoustrojów albo skamieliny prymitywnych roślin.

W roku 1820 słynny matematyk niemiecki Karol Fryderyk Gauss (1777–1855) chciał zakomunikować innym cywilizacjom, że Ziemianie znają twierdzenie Pitagorasa. Zaproponował, aby w tym celu wyhodować na Syberii ogromne pasy sosen w kształcie trójkąta prostokątnego z kwadratami wzdłuż boków, a wewnątrz nich zasiać pszenicę. W roku 1840 Johann Joseph von Littrow (1781–1840), dyrektor Obserwatorium Wiedeńskiego, sugerował wykopanie na Saharze gigantycznego

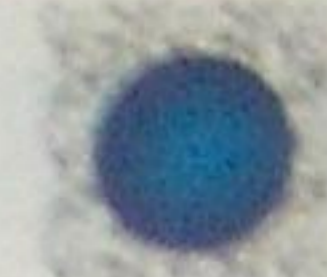


rowu w kształcie okręgu, wypełnienie go naftą i podpalenie. Z kolei Francuz Charles Cros w 1869 roku wysunął ideę posyłania Marsjanom znaków za pomocą promieni słonecznych odbitych od gigantycznego lustra. Na przełomie wieków łącznością międzyplanetarną zajmował się żyjący w USA Chorwat Nicola Tesla (1856–1943), autor ponad sześciuset wynalazków i patentów. Niektórzy twierdzili, że został on przysłany na Ziemię z innej planety. Tesla zbudował w 1899 roku w swoim laboratorium w Pikes Peak w Kolorado gigantyczne urządzenie składające się z solenoidu o długości 25 metrów i masztu o wysokości ponad 60 metrów. Urządzenie to zasiliał prądem zmiennym o dużym natężeniu, wierząc, że pole magnetyczne Ziemi będzie działać jako dodatkowy wzmacniacz. Mimo że spowodował wyładowania elektryczne o długości 25 mil, nie doczekał się żadnej odpowiedzi od Marsjan.

Program Ozma

W roku 1930 Karl Jansky odkrył promieniowanie radiowe galaktyki. Taki był początek radioastronomii, czyli obserwacji gwiazd, galaktyk i innych ciał niebieskich prowadzonych nie przez teleskopy optyczne, lecz za pomocą gigantycznych „radiodbiorników” czułych na fale elektromagnetyczne o częstotliwościach leżących w zakresie radiowym. W roku 1959 H. S. Morrison i G. Cocconi, dwaj fizycy z Uniwersytetu Cornell w USA, opublikowali na łamach renomowanego czasopisma „Nature” artykuł omawiający możliwe sposoby komunikacji międzygwiazdnej. Wskazali, że najbardziej odpowiednie dla łączności z innymi cywilizacjami powinny być fale o długości 21 cm (czyli częstotliwości 1420 MHz), odpowiadające przejściu nadsubtelnemu w atomach wodoru. Z powodu powszechnej obecności wodoru we Wszechświecie promieniowanie o długości 21 cm jest najczęściej spotykane, dlatego każda cywilizacja powinna prowadzić obserwacje w tym zakresie i łatwo w związku z tym odkryć na tle losowego sygnału ewentualne celowe przesyłanie informacji. Poza tym, wokół 1420 MHz jest najmniej zakłóceń — fala ta ma długość mniejszą od długości fal używanych w telewizji (około 0.6–2 m) lub radiofonii UKF (1–10 metrów).

W rok po ukazaniu się pracy Morrisona i Cocconiego amerykański radio-



astronom Francis Drake z Narodowego Obserwatorium Radioastronomicznego w Green Bank rozpoczął za zgodą Otto Struvego nasłuchiwanie obcych cywilizacji na fali 21 cm. Antena odbiorcza radioteleskopu Green Bank miała średnicę 27 metrów. Podjęte badania nazwano Programem Ozma. Nazwę zaczerpnął Drake z książek L. F. Bauma, w których występuje władca dalekiego kraju Oz. Określenie to było bardzo odpowiednie, gdyż położenie tej krainy, otoczonej ze wszystkich stron Martwą Pustynią, nie jest znane, a ponadto jej mieszkańcy nie byli ludźmi, lecz tylko istotami człękkształtnymi.

Drake nasłuchiwał sygnałów przychodzących z gwiazdy τ w gwiazdozbiornie Wieloryba i ϵ w gwiazdozbiornie rzeki Erydan²⁾. Gwiazdy te leżą około 11 lat świetlnych³⁾ od Słońca i są do niego podobne. Na prawdopodobieństwo istnienia planet wskazuje stosunkowo wolna rotacja tych gwiazd: część momentu pędu mogła zostać przekazana planetom. Czulość radioteleskopu była wystarczająca, aby odebrać sygnał wysłany z okolicy tych dwóch gwiazd przez nadajnik o mocy 1 MW i antenę o średnicy 180 m. Począwszy od 8 kwietnia do lipca 1960 roku, w sumie przez 150 godzin, prowadzono nasłuch. Niestety (a może na szczęście?) żadnych sygnałów mających sztuczny charakter nie odebrano.

Po tych pierwszych niepowodzeniach jeszcze wielokrotnie podejmowano próby znalezienia znaków inteligentnego życia poza Ziemią, na przykład rosyjski astronom W. S. Troicki przez wiele lat prowadził nasłuch 12 gwiazd w różnych kierunkach. W roku 1972 Zuckerman i Palmer na fali 21 cm przeszukali 602 gwiazdy. Korzystając z radioteleskopu w Arecibo na Puerto Rico w 1975 roku Drake i Carl Sagan poszukiwali życia pozaziemskiego w kilku galaktykach, a P. Horowitz trzy lata później przebadał 180 najbardziej „podejrzanych” gwiazd. Równie wiele było prób odebrania pozaziemskich sygnałów.

Liczba cywilizacji w Galaktyce

Pierwsze oszacowanie liczby planet możliwych do zamieszkania w naszej Galaktyce pochodzi z roku 1750. Angielski samouk Thomas Wright (1711–1768) uznał, że życie może istnieć na 170 000 000 planet. W listopadzie 1961 roku podczas konferencji w obserwato-





rium w Green Bank zajmowano się problemem oceny liczby cywilizacji we Wszechświecie. Zaproponowano wówczas wzór, nazywany wzorem Drake'a, wyrażający liczbę cywilizacji D w naszej Galaktyce jako iloczyn szeregu czynników łatwiejszych do oszacowania. Ma on postać:

$$D = N n f^s f^p f^l f^c L/T.$$

W powyższym wzorze N oznacza liczbę gwiazd w galaktyce, n średnią liczbę planet wokół typowej gwiazdy, f^s oznacza procent gwiazd żyjących dostatecznie długo, aby rozwinęło się wokół nich życie, f^p — ułamek planet o temperaturze, ciśnieniu i składzie atmosfery sprzyjających powstaniu życia, f^l — procent planet, na których powstało życie, f^c — część planet, na których rozwinęły się cywilizacje, L — czas istnienia zaawansowanej technicznie cywilizacji, T — wiek Galaktyki. Należy zwrócić uwagę, że wielkości o wymiarze czasu występują w liczniku i mianowniku, dzięki czemu lata się skracają i D jest, jak być powinno, liczbą niemianowaną — bez wymiaru. Liczba gwiazd w Galaktyce zawiera się w przedziale od 100 do 600 miliardów i dlatego przyjmijmy, że $N=3 \times 10^{11}$. Załóżmy także, iż średnio wokół każdej gwiazdy krąży $n=10$ planet. Astronomowie dosyć dobrze znają ewolucję gwiazd i z dużym prawdopodobieństwem wiadomo, że wiele z nich żyje ponad 5 miliardów lat, tj. tyle, ile istnieje nasz Układ Słoneczny. Dlatego uzasadnione jest położenie $f^s=0.5$ (czyli 50 proc.). Następny czynnik stanowi f^p , a oszacowanie jego wielkości nie jest rzeczą prostą: Sagan przyjął w 1974 roku, że $f^p=0.1$, ale D. Goldsmith i T. Owen w swej książce *The Search for Life in the Universe*, wydanej w 1980 roku, uznali, że tylko jedna planeta na 40 może mieć warunki pozwalające na istnienie życia. Wówczas $f^p=0.025$; i my przyjmijmy za nimi tę wartość.

W sferze spekulacji leży wybór $f^l=1$ (Sagan) lub $f^l=0.5$ (Goldsmith i Owen), co w tym drugim wypadku oznacza, że na połowie planet o warunkach pozwalających na powstanie życia Przyroda skorzystała z nadarzającej się okazji. Największe rozbieżności dotyczą czynnika f^c , czyli procentu planet, na których ewolucja form życia biologicznego prowadzi do powstania istot rozumnych. W literaturze dotyczącej SETI można spotkać wartości f^c zawarte między 1 a 0.0000001; Bądźmy optymistami i załóżmy $f^c=0.5$. Przyjmując, że



Galaktyka istnieje 10 miliardów lat ($T=10^{10}$) i uwzględniając powyższe oszacowania czynników f , N i n okazuje się, że ich iloczyn we wzorze Drake'a jest bliski jedności i liczbę cywilizacji wyznacza tylko średni czas ich trwania:

$$D = 3 \times 10^{11} \times 10 \times 0.5 \times 0.025 \times 0.5 \times 0.5 \times L / 10^{10} \approx L.$$

Wynik powyższej analizy jest naprawdę zastanawiający i godny uwagi: liczba cywilizacji w Galaktyce jest równa w przybliżeniu okresowi życia cywilizacji wyrażonemu w latach. Gdy L jest rzędu kilkuset lat, możemy się spodziewać istnienia około kilkuset cywilizacji. Jeśli L równa się 3500 lat, wówczas dwie cywilizacje byłyby odległe od siebie o około 2000 lat świetlnych, natomiast dla L wynoszącego około 20 milionów lat odległość między dwiema zamieszkałymi planetami wynosiłaby tylko 100 lat świetlnych. Ale czy cywilizacje mogą istnieć kilka milionów lat? A może w wiecznym Wszechświecie mogą trwać nieskończenie długo? Zwolennikiem takiego poglądu jest amerykański fizyk Freeman Dyson.

Dyson i loty do gwiazd

Freeman Dyson jest jednym z najbardziej oryginalnych uczonych naszych czasów. Jego ojciec, Sir George Dyson, był dyrygentem Królewskiego Kolegium Muzycznego w Londynie. Młody Dyson był cudownym dzieckiem: w wieku 6 lat pasjonował się matematyką i astronomią. Rozpoczął studia matematyczne w Cambridge, ale po drugim roku został zaangażowany w lipcu 1943 roku przez Dowództwo Bombowe RAF-u. Zajmował się tam przypadkowymi zderzeniami między samolotami brytyjskimi. Chodziło o to, że zwarte i liczne formacje bombowców brytyjskich były bardziej odporne na ataki niemieckich myśliwców, ale za to łatwiej dochodziło w tłoku do kolizji między nimi. Dyson badał też problemy związane z wywołaniem burz ogniowych podczas nalołów dywanowych.

Po wojnie wyjechał do USA i studiował fizykę w Cornell pod kierunkiem Hansa Bethego i Richarda Feynmana. Dyson jest jednym z twórców elektrodynamiki kwantowej — teorii, której przewidywania zachowania się elektronów na bardzo małych odległościach (10^{-13} m) zgadzają się z doświadczeniem z dokładnością do kilkunastu cyfr po przecinku. Pod koniec lat pięćdzie-

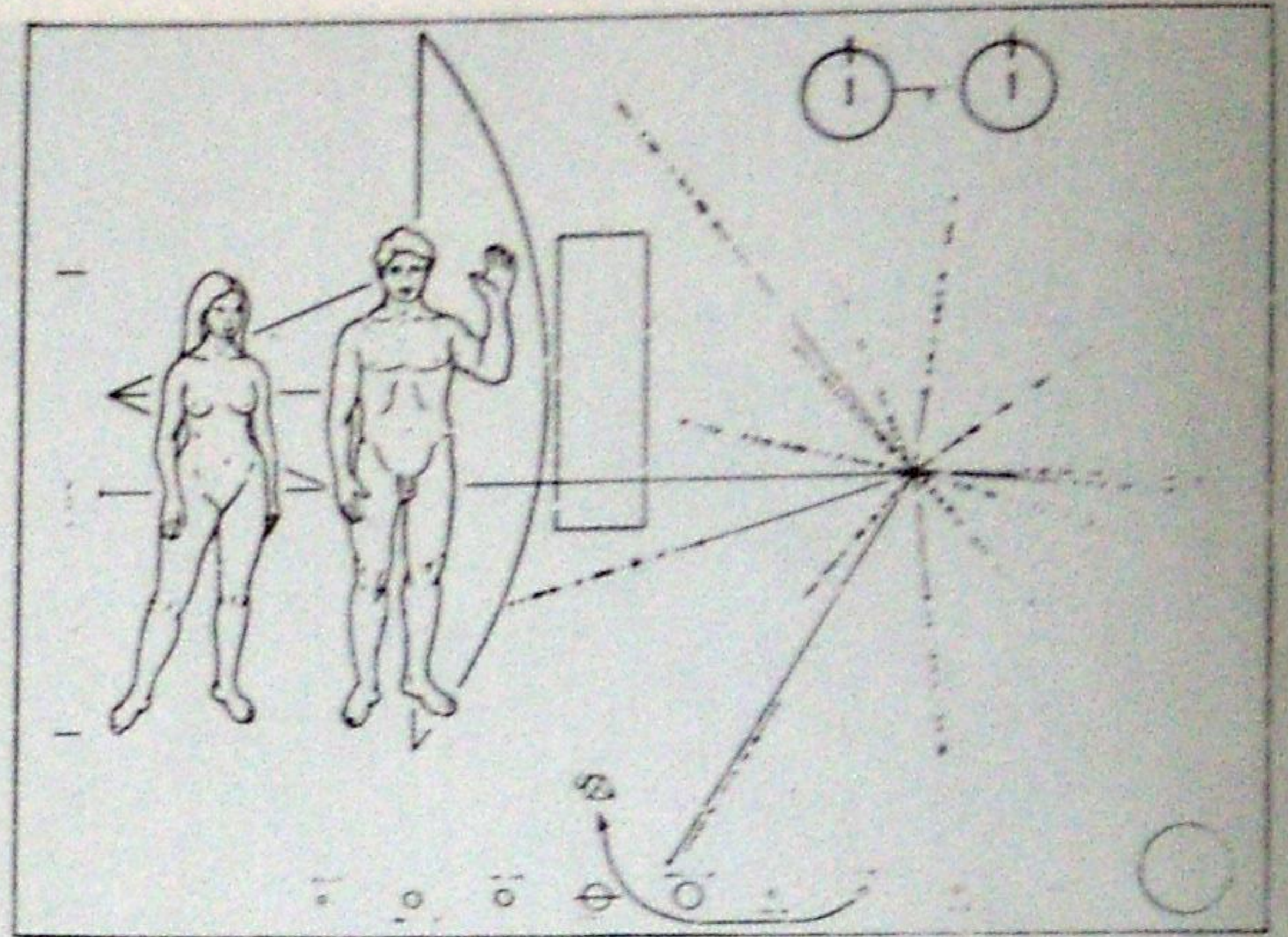
siątych Dyson wziął udział w projekcie „Orion”. Kilku zapaleńców w USA marzyło wówczas o tym, aby polecieć do gwiazdy α Centaura, odległej od Ziemi tylko o 4.3 lata świetlne. Kosmoplanet *Orion* próbowano wyposażyć w napęd atomowy: w ognisku olbrzymiej czaszy co ćwierć sekundy miały eksplodować niewielkie ładunki termojądrowe o małej mocy.

Wybuchy byłyby inicjowane laserem. Lot na odległość 10 lat świetlnych trwałby 67 lat. Jako napędu zamierzano użyć wszystkich bomb wodorowych na Ziemi, dokonując w ten sposób rozbrojenia jądrowego — mimo prac na rzecz wojska w czasie wojny Dyson jest zagorzałym pacyfistą.

W roku 1971 Dyson uczestniczył w pierwszej konferencji poświęconej kontaktom z pozaziemskimi istotami rozumnymi, która odbywała się w Biurakanie w Armenii. Przedstawił tam koncepcję znaną obecnie jako „sfera Dysona”. Wysoko rozwinięte cywilizacje potrzebowałyby dla swojego istnienia gigantycznych ilości energii. Naturalnym i praktycznie niewyczerpanym źródłem energii są gwiazdy, trzeba tylko umieć powstrzymać ich promieniowanie przed ucieczką w otchłanie kosmosu. Dyson sugerował możliwość zbudowania przez obcą cywilizację z materiału jednej z planet olbrzymiej skorupy wokół swojego słońca. Taka sfera byłaby niewidoczna na zewnątrz w świetle widzialnym, ale za to wypromieniowywałaby sporo energii w widmie podczerwonym. Dyson postulował poszukiwanie ciemnych obiektów o temperaturze pokojowej i rozmiarach zbliżonych do orbity Ziemi.

Na początku lat siedemdziesiątych takie obiekty nie były znane, wkrótce jednak odkryto kilka tysięcy zimnych ciał niebieskich, przy czym niektóre z nich wysyłają jednocześnie silne sygnały radiowe. Astronomowie uważają jednak, że nie są to ślady istnienia cywilizacji Dysona, lecz naturalne zjawiska związane z tworzeniem się młodych gwiazd z pyłu międzygwiazdowego.

Wielkość energii wykorzystanej przez cywilizację jest podstawą klasyfikacji zaproponowanej przez profesora



N. S. Kardaszewa z Instytutu Badań Kosmicznych w Moskwie. Cywilizacje I rodzaju zużywają całą energię swojej planety (10^{20} erg/s), cywilizacje II typu wykorzystują energię swojego słońca (10^{33} erg/s), a III rodzaju potrafią wykorzystać energię swojej galaktyki (10^{44} erg/s). Dyson jest także zwolennikiem wyjątkowej roli komet i innych małych ciał w powstaniu biologicznych form życia. W roku 1865 niemiecki lekarz Hermann E. Richter twierdził, że zarodniki życia mogą być przenoszone przez meteory. Na początku wieku Svante Arrhenius wysunął hipotezę panspermii, zgodnie z którą życie zostało przyniesione na Ziemię z kosmosu. W roku 1969 grecki biolog Cyryl Ponnampuram odkrył w meteorycie szesnaście aminokwasów, z których aż jedenaście nie występuje na Ziemi. W obłokach międzygwiazdnych stwierdzono obecność tak skomplikowanych związków, jak alkohol metylowy, celuloza i amoniak. Jednak dotychczas nie odkryto w kosmosie białka.

Dyson podkreśla, że na kometach pojawiających się w pobliżu Ziemi stwierdza się obecność wszystkich podstawowych składników potrzebnych do powstania życia. Jednak komety przebywają przeważnie z dala od Słońca i dlatego jest na nich zimno, a poza tym brak na nich powietrza. Słynny astronom angielski Sir Fred Hoyle wraz ze swym uczniem pochodzącym ze Sri Lanki, N. C. Wickramasinghe, uważają, że przejścia blisko Ziemi komet, zawierających w ogonach wirusy i bakterie, mogły powodować w przeszłości epidemie dżumy, ospy, grypy lub — obecnie — AIDS. W ten sposób uzasadniona byłaby powszechna w poprzednich wiekach wiara, że pojawienie się na niebie komety przynosi nieszczęścia.



Jesienią 1978 roku na Uniwersytecie Nowojorskim Freeman Dyson wygłosił cztery wykłady w serii *Wykładów Jamesa Arthura o czasie i jego tajemnicach*. Ukazały się one potem w poważnym czasopiśmie fizycznym „Reviews of Modern Physics”⁴⁾ pod ogólnym tytułem: *Czas bez końca: Fizyka i biologia w otwartym Wszechświecie*. W pracy tej, zawierającej 137 wzorów, Dyson zajmuje się losem Wszechświata w bardzo dalekiej przyszłości — skala czasowa rozważanych problemów jest rzędu 10^{1500} lat!!! Zgodnie z istniejącymi obecnie poglądami, Wszechświat dąży albo do stanu śmierci cieplnej (gdy będzie się rozszerzać w nieskończoność), albo zacznie się w pewnym momencie kurczyć i zapadnie się do punktu o nieskończonej temperaturze (patrz: Rozszerzający się Wszechświat). Dyson uważa, że tego typu kwestie nie należą tylko do domeny fizyki lub kosmologii, gdyż wysoko rozwinięta cywilizacja, czerpiąc energię z całych galaktyk lub kwazarów, może przebudować część Wszechświata i zmienić lokalnie topologię czasoprzestrzeni tak, by uniknąć zamrażenia lub usmażenia się.

W latach siedemdziesiątych odkryto w Gabonie w kopalni uranu naturalny reaktor atomowy pochodzący sprzed 2 mi-

liardów lat. Mierząc stosunek zawartości dwóch izotopów samaru stwierdzono, że prawa fizyki rządzące zjawiskami jądrowymi i elektromagnetycznymi zmieniają się mniej niż kilka części na 10^{18} w ciągu roku. Dlatego Dyson założył, że stałe fundamentalne (np. stała Plancka, prędkość światła), natężenia sił jądrowych, elektromagnetycznych i grawitacyjnych nie zmieniają się w czasie. Przyjął też, że Wszechświat jest otwarty oraz że znamy już wszystkie ważne prawa fizyki. Najsilniejsze założenie dotyczyło stosowalności praw skalowania w biologii.

Opierając się na tych przesłankach, Dyson dochodzi do wniosku, że społeczeństwo zdolne do wykonania prac inżynierskich na skalę galaktyk mogłoby być nieśmiertelne!!! Jednak w toku ewolucji, aby przetrwać, życie musiałoby zmienić obecne formy biologiczne i wcielić się na przykład w międzygwiazdną chmurę lub nawet w jakąś postać galaktyk mających świadomość i pamięć. Dalej Dyson zajmuje się problemem porozumiewania się dwóch społeczeństw i dowodzi, że fizycznie jest możliwe, aby utrzymać stałą łączność między 10^{22} gwiazdami wewnątrz sfery o promieniu kilku miliardów lat świetlnych, spożytkowując na to energię tylko jednej gwiazdy typu Słońca.

Która strona jest prawa, a która lewa

Do stałych punktów konferencji poświęconych problemom SETI-CETI należą sprawy porozumienia się z NIMI. Duński matematyk Hans Freudentahl opublikował w 1961 roku pracę, w której przedstawił język Lincos służący porozumiewaniu się z innymi cywilizacjami. Większość metod komunikowania się z obcymi społeczeństwami oparta jest na założeniu, że wszystkie rozwinięte matematyki w takiej postaci, jaką znamy na Ziemi. Dlatego proponuje się wysłać jako sygnały wywoławcze na przykład ciąg liczb pierwszych w zapisie dwójkowym. Taki właśnie sposób został wybrany przez Carla Sagana w, wydanym niedawno w Polsce bestsellerze *Kontakt*. Jednak dla nawiązania bliższej znajomości z NIMI, chcielibyśmy wysłać co najmniej opis naszego wyglądu.

Mamy głowę na górze, dwoje rąk i nóg, serce po lewej stronie, a wątrobę po prawej. Drogi Czytelniku, czy zastanawiałeś się kiedyś, jak wytłumaczyć komuś, gdzie jest lewa strona, a gdzie prawa, używając tylko słów i nie odwołując się do pokazywania rąk? Inaczej mówiąc, czy można zaproponować doświadczenie, pozwalające rozróżnić lewą stronę od prawej?

Okazuje się to całkiem nietrywialnym zadaniem. Co rozumiemy przez górę i dół jest łatwo wytłumaczyć — kierunki te są wyznaczone w jednoznaczny sposób przez pole grawitacyjne: dowolny przedmiot spada swobodnie z góry w dół. Równie łatwo można powiedzieć, co znaczy „bliżej” i „dalej”. Ale do jakich zjawisk fizycznych się odwołać, aby wytłumaczyć znaczenie słów „lewy” i „prawy”?

Do roku 1957 nie było na to sposobu: wszystkie Prawa Przyrody wydawały się być symetryczne względem zwierciadlanego odbicia. Zapewne wielu czytelników pamięta ze szkoły różne „reguły lewej ręki”, związane ze zjawiskami magnetycznymi. Aby jednak z nich skorzystać, trzeba umieć wytłumaczyć, który biegun magnesu jest północny, a który południowy, a to jest również sprawą konwencji. W pierwszej połowie naszego wieku wielu fizykom wydawało się, że odkryli jakąś własność Przyrody, pozwalającą odróżnić jeden biegun magnetyczny od drugiego bez posługiwania się zewnętrznym polem magnetycznym. Czasem na-





wet publikowano w czasopiśmie naukowych prace donoszące o takich „odkryciach”, ale zawsze okazywały się one później błędne.

Jednym z nowych kierunków badań, które rozwinęły się w XX wieku, jest fizyka cząstek elementarnych. Niewątpliwe jej odkrycia należą do najbardziej spektakularnych osiągnięć nauki, a akceleratory o średnicy kilkudziesięciu kilometrów do największych i najdroższych (kilka miliardów dolarów) narzędzi badawczych. Wiele Nagród Nobla z fizyki przyznano właśnie za odkrycia w dziedzinie cząstek elementarnych — wspomnijmy tylko doświadczalne potwierdzenie istnienia antyprotonu (O. Chamberlain i E. Segre, 1959), wprowadzenie koncepcji symetrii unitarnej i kwarków przez Gell-Manna (1969), odkrycie prądów neutralnych (Ting i Richter, 1976) i bozonów pośredniczących W^\pm i Z^0 (C. Rubbia i Sz. van de Meer, 1984).

Badając cząstki elementarne nazywane mezonami K natrafiono w połowie lat pięćdziesiątych na „zagadkę $\Theta - \tau$ ”. Wydawało się, że istnieją dwa rodzaje mezonów K, mające dokładnie tę samą masę, ten sam ładunek elektryczny i czas życia, a różniące się tym, że jeden (nazwany mezonem Θ) rozpadał się na dwa mezony π , drugi zaś (nazwany mezonem τ) na trzy mezony π . Gdyby przyjąć, że jest to jeden i ten sam mezon, który czasem rozpada się na 2, a czasem na 3 piony, wówczas oznaczałoby to, że w świecie cząstek elementarnych nie obowiązuje symetria ze względu na odbicia zwierciadlane.

Przypomnijmy, że zasada zachowania energii i pędu jest wynikiem symetrii praw fizycznych ze względu na przesunięcia odpowiednio w czasie i przestrzeni, a zasada zachowania momentu pędu jest związana z symetrią świata ze względu na obroty. Analogicznie z od-

biciami zwierciadlanymi związane jest prawo zachowania pewnej wielkości, nazywanej parzystością. Nietrudno sobie wyobrazić, jaką rewolucją było przyjęcie możliwości niezachowania parzystości podczas pewnych oddziaływań cząstek elementarnych.

Na herezję zdobyli się dwaj fizycy amerykańscy chińskiego pochodzenia — Cheng Ning Yang i Tsung Dao Lee. W pracy opublikowanej w „Physical Review” zaproponowali kilka doświadczeń pozwalających stwierdzić, czy w słabych oddziaływaniach (patrz: Oddziaływanie — ramka na sąsiedniej stronie) zachowywana jest parzystość.



Jedno z takich doświadczeń zostało przeprowadzone przez chińską fizyczkę Chien-Shiung Wu w roku 1957. Fizycy z niecierpliwością oczekiwali rezultatu tego doświadczenia i nawet zakładali się między sobą o jego wynik. Okazało się, że podejrzenia Yanga i Lee były słuszne. Prawo zachowania parzystości nie obowiązuje w oddziaływaniach słabych, natomiast oddziaływania silniejsze od nich — elektromagnetyczne i silne — zachowują parzys-

tość; nie wiadomo natomiast, jakie prawa zachowania są łamane przez grawitację. Wynik doświadczenia pani Wu pozwala odróżnić, bez uciekania się do pokazywania rąk lub konwencji, która strona jest lewa, a która prawa.

Yang i Lee zostali w 1957 roku laureatami Nagrody Nobla. Wydawało się, że powinna być spełniona symetria względem jednoczesnego odbicia zwierciadlanego i zamiany materii na antimaterię. Jednak w roku 1964 James W. Cronin i Val Z. Fitch pokazali doświadczalnie, że również ta kombinowana symetria jest łamana przez oddziaływania słabe. Za to doświadczenie otrzymali oni Nag-

rodę Nobla w 1980 roku. W ten sposób można stwierdzić na odległość, czy jakaś cywilizacja nie jest przypadkiem zbudowana z antimaterii. Nie ma też niebezpieczeństwa, że inna cywilizacja wykona odpowiednik doświadczenia pani Wu z antycząstkami i pomyli w ten sposób stronę prawą z lewą.

Wynik doświadczenia pani Wu wywołał szok wśród fizyków i pod koniec lat pięćdziesiątych uważano, że jest to najważniejsze odkrycie od czasów doświadczenia Michelsona-Morleya, które wykazało nieobecność eteru oraz było punktem wyjścia do stworzenia szczególnej teorii względności. Przykład ten pokazuje, że *a priori* nie wiadomo, co wyniknie z jakiegoś faktu doświadczalnego — dopiero historia weryfikuje odkrycia i wówczas to, co ważne dzisiaj, może się okazać jedynie ciekawostką za kilkadziesiąt lat.

Zasada antropiczna

W ciągu ostatnich kilkunastu lat duża popularność zyskała tzw. zasada antropiczna. Istnieją dwie wersje tej zasady: słaba i silna. Słabą zasadę zaproponował w roku 1961 Robert Dicke, fizyk z Princeton znany ze swoich doświadczeń potwierdzających równość masy bezwzględnej i grawitacyjnej. Wersja słaba



ODDZIAŁYWANIA

Znamy dotychczas cztery siły występujące w Przyrodzie: grawitacyjne, słabe, elektromagnetyczne i silne („jądrowe”). Wymieniliśmy je tutaj w kolejności od najsłabszej do najsilniejszej. Z przejawami oddziaływań grawitacyjnych i elektromagnetycznych spotykamy się na co dzień. Natomiast siły słabe i jądrowe, z powodu bardzo krótkiego zasięgu, przejawiają się tylko w świecie atomów. Siły słabe są na przykład odpowiedzialne za rozpad promieniotwórczy atomów (rozpad β). Siły silne mają charakter przyciągający i utrzymują w całości jądra atomowe.

Nateżenie sił określa się podając wartość parametru, zwanego stałą sprzężenia. Dla grawitacji stała sprzężenia jest rzędu 10^{-39} , dla sił słabych rzędu 10^{-5} . Dla oddziaływań elektromagnetycznych jest ona znana z bardzo dużą precyzją i wynosi $1/137.036$, natomiast dla sił silnych jest rzędu $1 \div 15$.

Wszystkie cząstki odczuwają działanie sił grawitacyjnych, nawet światło zakrzywia swój tor wokół Słońca. Cząstki nie oddziaływające silnie nazywają się leptonami i znamy ich obecnie dziewięć: elektron, mion i mezon τ wraz z odpowiadającymi im neutrinami oraz bozony W^\pm i Z^0 . Cząstki oddziaływające silnie noszą miano hadronów i jest ich kilkaset (należą do nich np. protony i neutrony), ale istnieje teoria zwana chromodynamiką postulująca istnienie dużo mniejszej liczby bardziej elementarnych składników materii, nazywanych kwarkami i gluonami. Elektromagnetycznie oddziałują cząstki naładowane elektrycznie lub mające moment magnetyczny i można znaleźć takich przedstawicieli zarówno wśród hadronów, jak i leptonów.

Od kilku lat żywo dyskutowano na temat istnienia piątej siły, jednak wynik najnowszego doświadczenia Zumbergera i innych, przeprowadzonego w ubiegłym roku na Pacyfiku z użyciem podwodnego statku badawczego Dolphin, wydaje się wykluczać jej istnienie.

po utworzeniu kałuży przez Wielki Deszcz, prędzej by ona wyparowała, nie pozwalając na wyklucie się pierwszego pokolenia wrotków z jajek. Po odwołaniu się do wielu argumentów, jak choćby niezbędności błota dla istnienia życia, wrotki dochodzą do wniosku, że są jedynymi istotami we Wszechświecie. W tym samym czasie kilku czcigodnych członków Towarzystwa zostaje zjedzonych przez żabę.

Jeśli nawiążemy kontakt

Mimo wielu podejmowanych prób, nie odebraliśmy dotychczas żadnych sygnałów o sztucznym pochodzeniu. Zarówno naukowcy różnych specjal-

ności, jak i autorzy literatury typu science fiction proponowali wiele rozwiązań tego problemu, określanego jako *Silentium Universi*. Może komunikacja między wysoko rozwiniętymi cywilizacjami odbywa się nie za pomocą fal radiowych, lecz promieni laserowych lub neutronów, jak to opisał ponad dwadzieścia lat temu Stanisław Lem w opowiadaniu *Głos Pana*. A my jeszcze nie rozwinięliśmy astronomii neutronowej. Może cywilizacje po odkryciu zjawisk atomowych i zbudowaniu bomby jądrowej ulegają samozagładzie? Mogą też istnieć inne bariery wzrostu, na przykład cywilizacje dokonują nieodwracalnego zniszczenia swojego środowiska (jak robi to ludzkość z ochronną warstwą ozonu). Niektórzy twierdzą, że nie ma problemu *Silentium Universi*, gdyż odebrano sygnały, lecz rządy mocarstw ukrywają te fakty przed ludzkością.

Nawet gdybyśmy odebrali sygnały o sztucznym charakterze, możemy nie być w stanie ich rozszyfrować. Czy ONI też stworzyli muzykę, poezję, a może wymyślili coś zupełnie innego, czego MY w ramach naszego języka nawet nie potrafimy sobie wyobrazić. Powszechnie uważa się, że uniwersalna dla cywilizacji powinna być matematyka. Jednak osiągnięcia ostatnich lat — stworzenie przez czeskiego matematyka Petra Vopenkę analizy niestandardowej czy rozwój logik wielowartościowych — każą szukać czegoś bardziej niezależnego od fantazji istot rozumnych. Obiektywne i niezależne od kultury, psychiki, języka są prawa przyrody i ich odkrywanie jest domeną fizyki, ale to właśnie matematyka stanowi jej język. Czy cywilizacje oparte na zupełnie innych formach procesów biologicznych stworzyłyby fizykę, w której występowałyby pojęcia przyspieszenia, ładunku elektrycznego, temperatury, a do swojej mechaniki kwantowej wprowadziłyby pojęcie funkcji falowej Ψ ?

Rozpoczęły się już prace nad sformulowaniem Zasad Działania Po Wykryciu Życia Rozumnego We Wszechświecie pod auspicjami kilku międzynarodowych organizacji, jednak towarzyszy temu nikłe zainteresowanie polityków. Aby uniknąć niewątpliwego szoku, być może już teraz trzeba zacząć wychowywać dzieci w świadomości istnienia „braci” w kosmosie. A może należałoby przeprowadzić referendum ogólnoświatowe, czy odpowiadać na postanie od NICH. Cheng Ning Yang uważa, że należy kategorycznie zachować milczenie. Co prawda może być już za późno, gdyż

nie pytając nikogo o zgodę niektórzy astronomowie na własne ryzyko wysłali już w kosmos kilka przekazów. Na przykład 16 listopada 1974 roku, używając radioteleskopu w Arecibo, wysłano w kierunku gromady gwiazd M13 w gwiazdozbiórze Herkulesa zaszyfrowaną informację, której autorem był Drake. Amerykańska sonda *Pioneer 10*, która opuściła już Układ Słoneczny, miała przytwierdzoną na swojej burcie złotą tabliczkę z rysunkami przedstawiającymi między innymi kobietę i mężczyznę. Płytkę zaprojektowali wspólnie Dyson i Sagan.

Jeśli rozpoczynające się nowe duże programy nasłuchiwania sztucznych sygnałów z kosmosu przyniosą pozytywny rezultat i kontakt z jakąś względnie niedaleką cywilizacją zostanie nawiązany, wówczas losy ludzkości potoczą się zupełnie nowymi torami. Teraz możemy tylko stwierdzić z całą pewnością, że liczba Drake'a jest co najmniej równa jeden.

¹⁾ Co prawda istnieje nauka o nazwie egzobiologia (kosmobiologia), badająca możliwości życia na innych ciałach niebieskich i warunki lotów kosmicznych, ale nie zajmuje się ona metodami poszukiwania i nawiązywania kontaktów z innymi cywilizacjami.

²⁾ Jak wiadomo, od starożytnych czasów niebo podzielone jest na gwiazdozbiory i przyjęło się oznaczać najjaśniejsze gwiazdy w gwiazdozbiórce kolejnymi literami alfabetu greckiego, tzn. α Centaura to najjaśniejsza gwiazda w gwiazdozbiórce Centaura, a τ w gwiazdozbiórce Wieloryba to z kolei 19 gwiazda w tym gwiazdozbiórce.

³⁾ Odległości między obiektami kosmicznymi są tak olbrzymie, że odpowiednią jednostką jest tutaj rok świetlny, tzn. odległość, jaką przebywa światło poruszające się z prędkością 300 000 km/s w ciągu jednego roku. Inną używaną jednostką jest parsek. Jest to odległość, z jakiej promień orbity Ziemi (149 milionów km) jest widoczny pod kątem 1 sekundy. Parsek równa się 3.09×10^{13} km, czyli 3.26 lat świetlnych.

⁴⁾ To właśnie czasopismo tradycyjnie publikuje wykłady noblowskie z dziedziny fizyki.

⁵⁾ Słynna supernowa z 24 lutego 1987 roku, odległa od Ziemi o około 160 000 lat świetlnych, w ciągu kilku sekund wyrzuciła około 10^{58} neutronów, a całkowita energia przez nie uniesiona wynosiła 10^{53} ergów. O tym, jak słabe oddziaływania, może świadczyć fakt, że spośród 3×10^{16} neutronów, które przeszły przez ważyący 5000 ton detektor znajdujący się w kopalni soli koło Cleveland, tylko 22 wywołały w nim reakcję. Ocenia się, że neutrina z Supernowej 1987A spowodowały reakcje w ciałach około miliona ludzi, oczywiście całkowicie nieszkodliwe.

Marek Wolf

Dr MAREK WOLF jest adiunktem w Instytucie Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Wrocławskiego.

Fot. Archiwum

Sprostowanie

W artykule „Ujrzelismy dziwny znak na niebie...” Małgorzaty H. Malewicz („WiZ”, nr 4/1992) na stronie 74 zdanie: „Zaden z trzech kronikarzy nie znajdował się w strefie zaćmienia całkowitego...” powinno brzmieć: „Každy z trzech kronikarzy znajdował się w strefie zaćmienia całkowitego...”. Redakcja przeprasza Autorkę i Czytelników za zmienienie sensu zdania.